

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**KINERJA BER TERHADAP JARAK TRANSMISI DENGAN
MENGUNAKAN TEKNIK MODULASI DQPSK PADA SISTEM
WDM-ROF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro



Oleh:

ANGGA KURNIAWAN

11455101797

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2020

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

KINERJA BER TERHADAP JARAK TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI DQPSK PADA SISTEM WDM-ROF

TUGAS AKHIR

Oleh:

ANGGA KURNIAWAN
11455101797

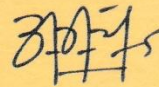
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 05 Juni 2020

Ketua Program Studi



Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing



Rika Susanti, ST., M.Eng
NIP. 19770731 200710 2 003

LEMBAR PENGESAHAN

KINERJA BER TERHADAP JARAK TRANSMISI DENGAN MENGUNAKAN TEKNIK MODULASI DQPSK PADA SISTEM WDM-ROF

TUGAS AKHIR


Oleh:

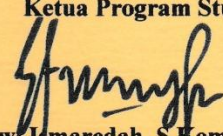
ANGGA KURNIAWAN
11455101797

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah
satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 05 Juni 2020

Pekanbaru, 05 Juni 2020

Mengesahkan,


Dekan
Dr. Ahmad Darmawi., M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

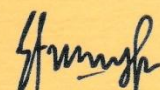
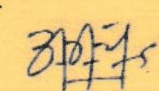

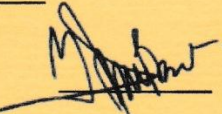
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom

Pembimbing I : Rika Susanti, ST., M.Eng

Penguji I : Mulyono, MT

Penguji II : Hasdi Radiles, ST., MT

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KINERJA BER TERHADAP JARAK TRANSMISI DENGAN MENGUNAKAN TEKNIK MODULASI DQPSK PADA SISTEM WDM-ROF

ANGGA KURNIAWAN

11455101797

Tanggal Sidang:

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Wavelength Division Multiplexing (WDM) merupakan teknik *multiplexing* yang menggabungkan beberapa panjang gelombang yang berbeda sehingga dapat dikirimkan secara bersamaan melalui satu kanal optik, mempunyai *spectrum* optik yang lebih baik, dan memiliki kapasitas pengiriman data yang besar. Teknik *multiplexing* WDM dapat diimplementasikan pada sistem *Radio over Fiber* (ROF), bertujuan untuk mengurangi dispersi kromatik serta memberikan efisiensi dalam kapasitas dan daya transmisi. Penggunaan teknik modulasi dapat mempengaruhi laju kesalahan data. Teknik modulasi DQPSK memiliki laju kesalahan bit yang kecil untuk sistem komunikasi jarak jauh. Pada penelitian ini dilakukan analisis performansi sistem WDM-ROF dengan menggunakan modulasi DQPSK pada *bitrate* 10, 20 dan 40 Gbps. Standar ITU-T WDM dengan BER minimal 10^{-12} digunakan sebagai acuan dalam memverifikasi model sistem pada penelitian ini. Berdasarkan hasil simulasi, model sistem hanya dapat ditransmisikan untuk *bitrate* hingga 20 Gbps. Jarak transmisi model sistem WDM ROF dengan modulasi DQPSK dapat memberikan kinerja yang baik hingga 190 km untuk *bitrate* 10 Gbps, sedangkan pada *bitrate* 20 Gbps mampu mentransmisikan hingga 120 km.

Kata Kunci: ITU-T, BER, DQPSK, WDM-ROF.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERFORMANCE OF BER TOWARDS THE TRANSMISSION DISTANCE IN WDM-ROF SYSTEMS USING DQPSK MODULATION TECHNIQUE

ANGGA KURNIAWAN

11455101797

Date of final exam:

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru – Indonesia

ABSTRACT

Wavelength Division Multiplexing (WDM) is a Multiplexing technique that combines several different wavelengths so that it can be shipped simultaneously through one optical channel, has better optical spectrum, and has a large data transfer capacity. The WDM multiplexing technique can be implemented on over Fiber Radio Systems (ROF), aiming to reduce chromatic dispersion as well as provide efficiency in capacity and transmission power. Use of modulation techniques can affect data error rates. In the use of DQPSK modulation, it is able to provide good performance and remote transmission distance so it can be used for remote communication. In this research conducted analysis of the performance of WDM-ROF system using DQPSK modulation at bitrate 10, 20 and 40 Gbps. ITU-T WDM standard with a minimum of 10^{-12} BER used as reference in verifying system model in this research. Based on simulated results, system model can only be transmitted for bitrates up to 20 Gbps. The transmission distance of WDM ROF system model by modulating DQPSK can provide good performance up to 190 km for bitrate of 10 Gbps, while at 20 Gbps bitrate is capable of transmitting up to 120 km.

Key Word: ITU-T, BER, DQPSK, WDM-ROF.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Dengan Mengucap puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat beriring salam buat junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut dicontoh dan diteladani. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Kinerja BER Terhadap Jarak Transmisi dengan Menggunakan Teknik Modulasi DQPSK Pada Sistem WDM-ROF”.

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Strata I pada Jurusan Teknik Elektro di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun tugas akhir ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Diantara lain :

1. Ayah, Ibu dan keluarga penulis yang telah mendukung agar penulis dapat menjalankan kuliah ini dengan semangat, serta doa yang selalu diberikan.
2. Bapak Dr. Ahmad Darmawi.,M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan Jajarannya.
3. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi menjadi lebih efektif sehingga penulis lebih mudah dalam melengkapi berkas-berkas untuk Tugas Akhir dan pengalaman-pengalaman luar biasa beliau yang penulis rasakan.
4. Ibu Rika Susanti, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Mulyono, MT. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
6. Bapak Hasdi Radiles, ST., MT. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
 7. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT selaku koordinator Tugas Akhir yang telah banyak membantu penulis.
 8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan arahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 9. Bapak dan Ibuku tersayang (Wernoto dan Tuti Juniarti) yang selalu mendukung dan memberikan semangatnya kepada peneliti. Kakak tercinta Kurnia Agustianti dan adik tercinta Jaka Adminoto, yang telah banyak memberikan *support*, dukungan dan motivasi yang tak terhingga kepada peneliti, memberikan dukungan serta motivasi yang tiada henti.
 10. Seluruh teman-teman telekomunitas, terimakasih atas do'a, semangat, dorongan dan bantuannya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 11. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2014, Raden Roro Retno Handayani, Heru Ardika, Juan Pranata Kresna, Rista Febriani dll, kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas dukungan, kerjasama dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis selama ini.
- Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.
- Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, Mei 2020

UIN SUSKA RIAU

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4 Batasan Masalah	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
2.2 Sistem Komunikasi Optik.....	II-3
2.2.1 Serat Optik.....	II-3
2.2.2 Sumber Optik	II-4
2.2.3 Photodetector.....	II-5
2.3 Fiber Bragg Grating (FBG)	II-6
2.4 Wavelength Division Multiplexing (WDM)	II-6
2.5 Radio Over Fiber (ROF)	II-7
2.6 Diferensial Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK)	II-8
2.7 Optisystem	II-9
2.8 Bit Error rate (BER)	II-10
2.9 Power Link Budget	II-11

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	III-1
3.2 Model Sistem WDM-ROF Menggunakan Modulasi DQPSK ...	III-3
3.3 Parameter <i>Set Up</i>	III-5
3.4 Skenario Penelitian	III-6
3.4.1 Pengaruh Daya <i>Input</i> terhadap jarak transmisi.....	III-6
3.4.2 Jarak Transmisi Untuk Beberapa <i>Bit Rate</i>	III-7
3.5 Analisis Hasil Simulasi	III-7

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Verifikasi Model Sistem.....	VI-1
4.2 Pengaruh Jarak Transmisi Maks Terhadap Daya Input Berbeda	VI-2
4.1 Pengaruh Jarak Transmisi Maks Terhadap <i>Bitrate</i> Berbeda.....	VI-6
4.1 Perhitungan <i>Link Power Budget</i>	VI-13

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

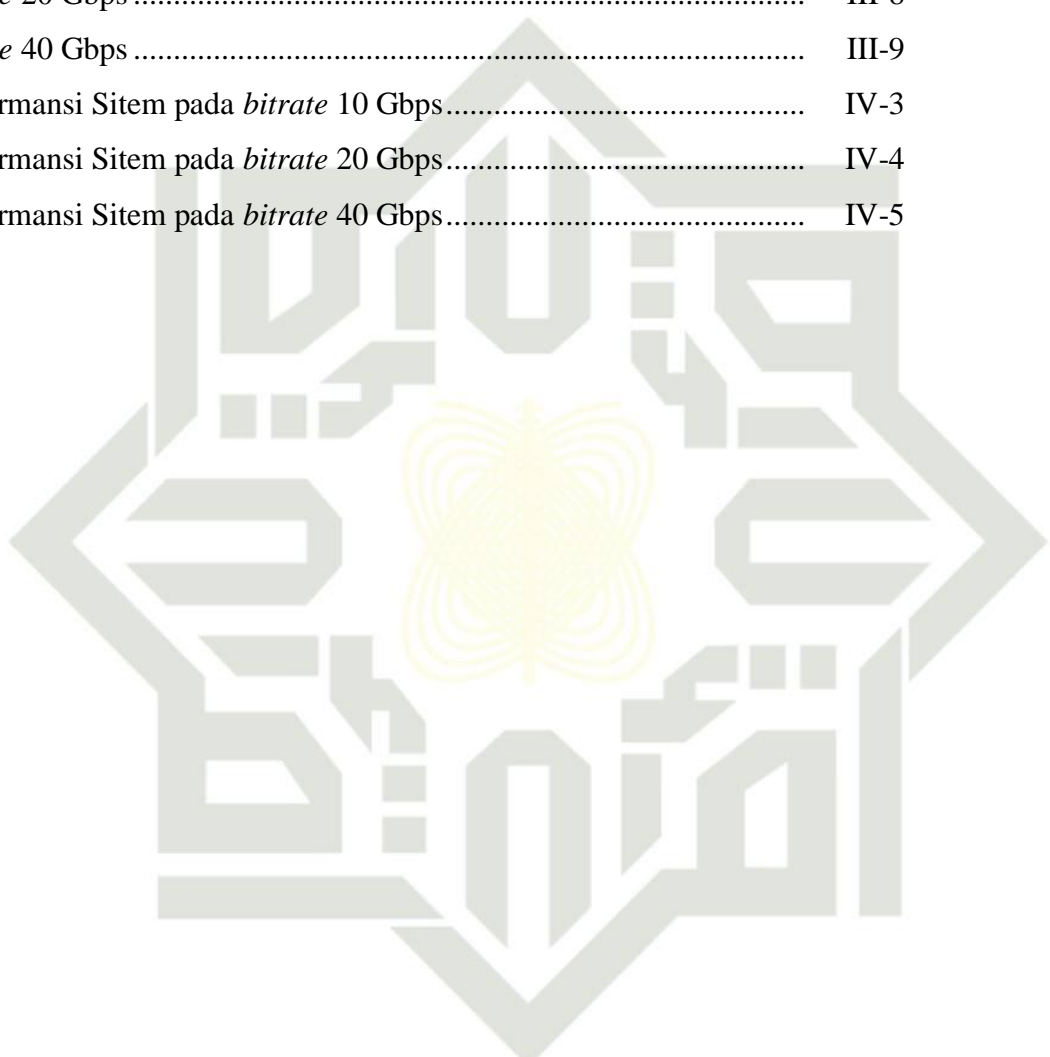
Gambar	Halaman
2.1. Simbol LED	II-4
2.2. Stuktur Dasar Laser	II-4
2.3. Peletakan FBG Pada Serat Optik	II-6
2.4. Prinsip Dasar Sistem WDM.....	II-7
2.5. Struktur Sistem <i>Radio Over Fiber</i>	II-8
2.6. Diagram Blok DQPSK.....	II-8
3.1. Alur Tahapan Penelitian	II-2
3.2. Model Sistem WDM-ROF Menggunakan Modulasi DQPSK.....	III-3
3.3. Model Sistem WDM-ROF Pada Sisi <i>Transmitter</i>	III-3
3.4. Model Sistem WDM-ROF Pada Sisi Kanal	III-4
3.5. Model Sistem WDM-ROF Pada Sisi <i>Receiver</i>	III-4
3.6. Iterasi Sistem pada Daya <i>Input</i>	III-6
3.7. Iterasi Jarak Transmisi Maksimum.....	III-7

DAFTAR TABEL

Gambar

Halaman

3.1.	Tabel Parameter <i>Set Up</i>	III-5
3.2.	Tabel <i>bitrate</i> 10 Gbps	III-8
3.3.	Tabel <i>bitrate</i> 20 Gbps	III-8
3.4.	Tabel <i>bitrate</i> 40 Gbps	III-9
4.1.	Tabel Performansi Sitem pada <i>bitrate</i> 10 Gbps.....	IV-3
4.2.	Tabel Performansi Sitem pada <i>bitrate</i> 20 Gbps.....	IV-4
4.3.	Tabel Performansi Sitem pada <i>bitrate</i> 40 Gbps.....	IV-5



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin pesatnya perkembangan teknologi di dunia, serta meningkatnya akan kebutuhan manusia pada jaringan telekomunikasi, perlunya perubahan telekomunikasi dengan kapasitas yang lebih besar dan kualitas yang bagus. Untuk itu, bagi perusahaan yang bergerak di bidang telekomunikasi selalu meningkatkan layanan komunikasi menjadi lebih cepat dan stabil. Tentunya mengharuskan pada provider telekomunikasi mampu menyediakan layanan telekomunikasi yang memiliki *bandwidth* yang besar sehingga dapat mengirimkan informasi dengan kapasitas yang besar dan dengan waktu yang singkat. Teknologi optik merupakan teknologi masa kini yang dapat menjadi solusi terhadap kebutuhan konsumen akan layanan komunikasi.

Teknologi serat optik merupakan sistem komunikasi dengan medium transmisi serat optik, yang mentransmisikan informasi berupa sinyal cahaya dengan kecepatan tinggi dalam waktu yang cepat. Sistem komunikasi optik memiliki beberapa keunggulan diantaranya *bandwidth* yang lebih besar, ukuran kabel yang sangat kecil dan ringan serta tahan terhadap interferensi [1].

Salah satu teknologi optik yang berkembang sampai saat ini adalah teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM). *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) merupakan teknik *multiplexing* yang menggabungkan beberapa panjang gelombang yang berbeda sehingga dapat dikirimkan secara bersamaan melalui satu kanal optik. *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) mempunyai *spectrum* optik lebih baik, karena jarak antar panjang gelombang kecil, sehingga kapasitas pengiriman data menjadi lebih besar [2] .

Komunikasi optik merupakan komunikasi yang handal dengan *bandwidth* yang besar. Sementara disamping kebutuhan akan *bandwidth*, manusia juga cenderung menginginkan dapat berkomunikasi dimana saja dan kapan saja dalam layanan komunikasi jarak yang jauh, sehingga diperlukan sistem komunikasi *wireless* yang dapat menghasilkan *loss* yang kecil. Dalam layanan akses telekomunikasi nirkabel (*wireless*), sistem *Radio over Fiber* (ROF) sangat menarik untuk memenuhi tuntutan peningkatan *bandwidth* besar, kapasitas besar [3]. Pada Penggunaan *Wireless* tanpa optik menghasilkan *loss* yang besar sehingga jarak transmisinya pendek, dengan jarak yang pendek dibutuhkan banyak



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

repeater untuk mengcover area yang luas, sementara dengan *optical wireless communication* menghasilkan *loss* yang kecil sehingga jarak transmisinya jauh.

Teknik multiplexing WDM dapat diimplementasikan pada sistem *Radio over Fiber* (ROF). Hal ini bertujuan untuk mengurangi dispersi kromatik dan mampu memberikan efisiensi dalam kapasitas *bandwidth* dan daya transmisi. Pada sistem WDM-ROF dapat diterapkan pada komunikasi jarak jauh, yaitu untuk mengatasi efek *non-linear*, dispersi kromatik, dan kehilangan sinyal, maka diperlukan pengembangan untuk dapat meningkatkan efisien pada kecepatan tinggi dalam mengakses jaringan pada sistem tersebut. Semua peneliti merancang jaringan akses yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen dalam hal kecepatan transmisi data, sehingga diperlukan analisis performansi pada sistem WDM-ROF untuk dapat digunakan pada transmisi jarak jauh dan tingkat data yang sangat tinggi. *Wireless Wide Area Network* (WWAN) dan jaringan seluler merupakan contoh pengaplikasian pada sistem ROF [4].

Selain penerapan teknik multipleksing, teknik modulasi juga memegang peranan penting dalam pengiriman sinyal informasi, karena dapat mempengaruhi laju kesalahan data [5]. Seiring dengan perkembangan teknologi dan komunikasi, penelitian mengenai WDM-ROF dengan menggunakan beberapa teknik modulasi juga dilakukan.

Terdapat beberapa penelitian tentang sistem WDM-ROF dengan menggunakan teknik modulasi yang berbeda-beda. Penelitian [6] menganalisis perbandingan antara penggunaan teknik modulasi QAM dan DPSK pada WDM-ROF dengan *bitrate* 10 Gbps. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan teknik modulasi DPSK mempunyai performa yang lebih bagus dan jarak transmisinya mencapai 25 km [6]. Sistem WDM-ROF dengan menggunakan modulasi DPSK telah dikembangkan pada penelitian [7] dengan menambahkan *Fiber Bragg Grating* pada sistem tersebut. Dengan penggunaan FBG, jarak transmisi sistem WDM-ROF meningkat menjadi 50 km.

Pada sistem *Inter Satellite Optical Wireless Communication* (ISOWC), teknik modulasi DQPSK dapat memberikan jarak transmisi yang lebih jauh dibandingkan teknik modulasi DPSK dan *Manchester*. Pada jarak capaian yang sama, modulasi DQPSK juga lebih baik dibandingkan teknik modulasi DPSK dan *Manchester* dilihat dari nilai *Q-Factor* dan *Bit Error Rate (BER)* *Bit Rate* 10, 20, dan 40 Gbps [9]. Pada sistem komunikasi ISOWC dengan *Radio Over Fiber* itu berbeda, diantaranya adalah karakter transmisi, atenuasi faktor-faktor yang mengakibatkan redaman, sehingga tentunya performa sistem



jarak transmisi jangkauan di-ISOWC dengan *Radio over Fiber* tentunya berbeda [6] [7] [8] [12].

Pada sistem *Radio over Fiber*, belum pernah dikembangkan model sistem WDM-ROF dengan menggunakan modulasi DQPSK, sehingga penulis tertarik untuk mendesain model sistem dan menganalisis performansi WDM-ROF dengan menggunakan modulasi DQPSK. Hal ini dilakukan dengan harapan sistem WDM-ROF DQPSK ini dapat memberi capaian yang lebih dari penelitian sebelumnya, yaitu mampu mentransmisikan sinyal dengan baik hingga lebih dari 50 km.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah seberapa jauh teknik modulasi DQPSK dapat meningkatkan jarak transmisi WDM-ROF dan bagaimana performansi sistem WDM-ROF menggunakan modulasi DQPSK.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengukur kinerja BER terhadap jarak transmisi maksimum pada sistem WDM-ROF dengan menggunakan modulasi DQPSK.

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan ini lebih terarah dan tujuan yang diharapkan tercapai, maka ditetapkan batasan-batasan masalah yang akan diteliti, yaitu :

- 1 Parameter performansi yang dianalisis berupa *Bit Error Rate* (BER).
- 2 *Bit rate* yang digunakan 10, 20 dan 40 Gbps.
- 3 Penggunaan *filter* FBG pada sisi *receiver*.
- 4 Model sistem menggunakan *channel spacing* WDM sebesar 100 GHz.
- 5 Pemodelan sistem dan simulasi menggunakan *software optisystem*.

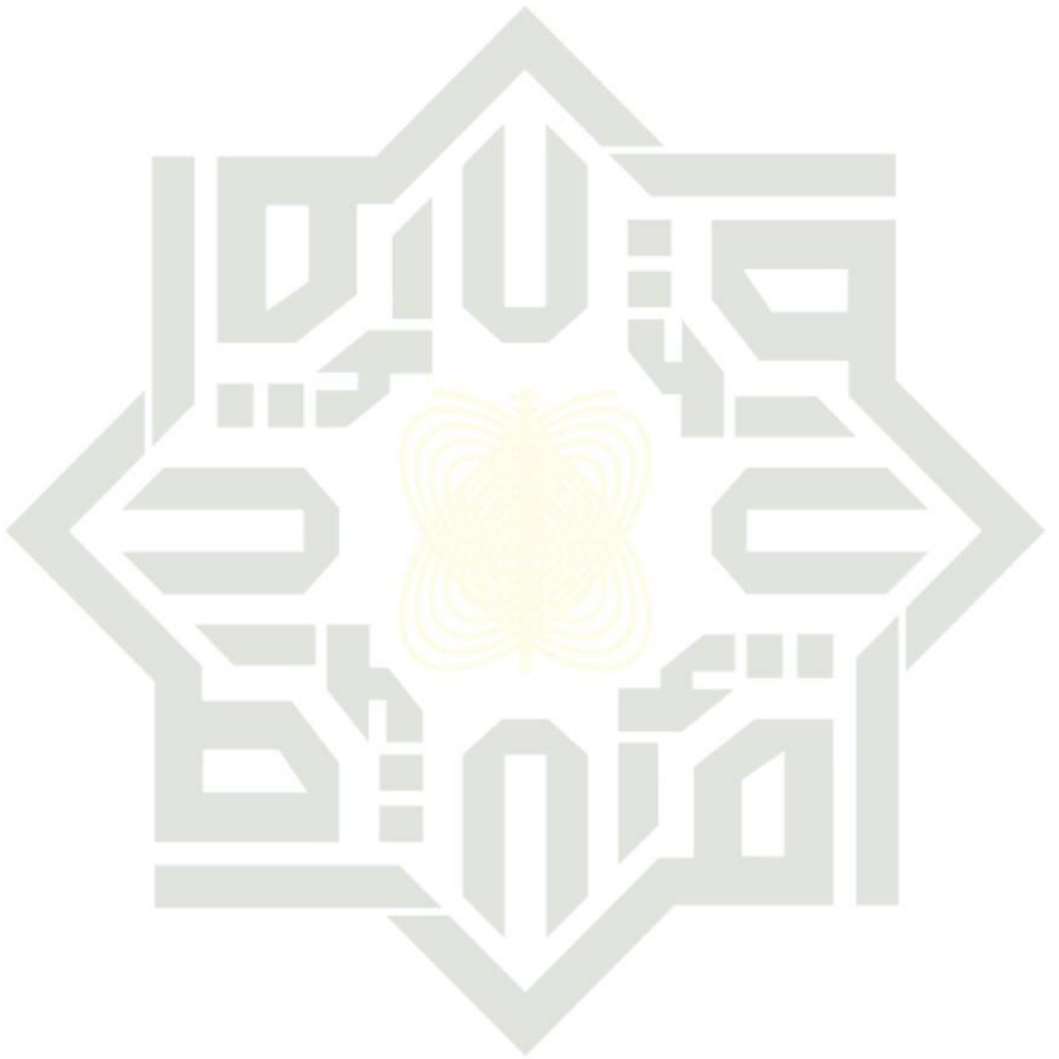
UIN SUSKA RIAU

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai dasar atau referensi tambahan di bidang telekomunikasi. Di samping itu, juga dapat dijadikan sebagai dasar dalam merancang dan menerapkan sistem WDM-ROF pada teknik modulasi DQPSK. Selain itu juga, dengan penggunaan DQPSK pada sistem WDM-ROF ini dapat ditransmisikan pada sistem komunikasi jarak jauh (*Long-Haul*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

BAB II

PENELITIAN TERKAIT

2.1 Penelitian Terkait

Teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM). *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) merupakan teknik *multiplexing* yang menggabungkan beberapa panjang gelombang yang berbeda sehingga dapat dikirimkan secara bersamaan melalui satu kanal optik. *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) mempunyai *spectrum* optik lebih baik, karena jarak antar panjang gelombang kecil, sehingga kapasitas pengiriman data menjadi lebih besar [2].

Komunikasi optik merupakan komunikasi yang handal dengan *bandwidth* yang besar. Sementara disamping kebutuhan akan *bandwidth*, manusia juga cenderung menginginkan dapat berkomunikasi dimana saja dan kapan saja, sehingga diperlukan sistem komunikasi *wireless* dengan *bandwidth* yang besar. Dalam layanan akses telekomunikasi nirkabel (*wireless*) masa depan, sistem *Radio over Fiber* (ROF) sangat menarik untuk memenuhi tuntutan peningkatan *bandwidth* besar, kapasitas besar [3]. Sistem *Radio Over Fiber* (ROF) merupakan salah satu sistem komunikasi *wireless* yang mempunyai *bandwidth* besar.

Teknik *multiplexing* WDM dapat diimplementasikan pada sistem *Radio over Fiber* (ROF). Hal ini bertujuan untuk mengurangi dispersi kromatik dan mampu memberikan efisiensi dalam kapasitas *bandwidth* dan daya transmisi [4]. Selain penerapan teknik *multiplexing*, teknik modulasi juga memegang peranan penting dalam pengiriman sinyal informasi, karena dapat mempengaruhi laju kesalahan data [5].

Dalam hal ini penelitian terkait mengenai sistem WDM-ROF dengan menggunakan beberapa modulasi telah dilakukan oleh [6], yaitu dengan melakukan analisis perbandingan antara penggunaan teknik modulasi QAM dan DPSK pada WDM *Radio over Fiber* pada *bit rate* 10 Gbps dengan *channel spacing* 100 GHz. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan teknik modulasi DPSK mempunyai performa yang lebih bagus, dengan hasil BER-nya 10^{-20} dengan daya *input* 0 dBm dan jarak transmisinya mencapai 25 km, sedangkan modulasi QAM menghasilkan BER-nya 10^{-15} dengan daya *input* 0 dBm dan jaraknya mencapai 10 km, hal ini dapat disimpulkan bahwa DPSK menunjukkan



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

keuntungan yang lebih jelas dari QAM mengenai tingkat daya, dispersi kromatik, dan distorsi *nonlinear* [6].

Pada penelitian [7] juga menganalisa performansi WDM *Radio over Fiber* dengan menggunakan modulasi DPSK. Pada penelitian ini dilakukan analisis penggunaan *Fiber Bragg Grating* dengan jarak 50 km pada sistem tersebut. Parameter yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *channel spacing* 50 GHz dan 100 GHz, *Gain*-nya menggunakan 20 dB, Atenuasi menggunakan 0,2 dB/km. Pada penggunaan *channel spacing* 50 GHz, diperoleh bahwa sebelum menggunakan *Fiber Bragg Grating* hasil *Q*-faktor mencapai 3,43 dan BER-nya 10^{-2} , setelah menggunakan *Fiber Bragg Grating* hasil *Q*-faktor mencapai 4,489 BER-nya 10^{-6} . Pada penggunaan *channel spacing* 100 GHz, diperoleh bahwa sebelum menggunakan *Fiber Bragg Grating* hasil *Q*-faktor mencapai 3,883 dan BER-nya 10^{-5} , setelah menggunakan *Fiber Bragg Grating* hasil *Q*-faktor mencapai 9,696 BER-nya 10^{-22} . Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa pada penggunaan *Fiber Bragg Grating* mempunyai performa yang lebih baik dengan menggunakan *channel spacing* 100 GHz dilihat dari nilai *Bit Error Rate* (BER) dan *Q*-Factor [7].

Penelitian tentang analisis penggunaan teknik modulasi juga dilakukan pada sistem *Inter Satellite Optical Wireless Communication* (ISOWC) seperti yang dilakukan oleh [8]. Pada penelitian ini, dilakukan analisis perbandingan antara penggunaan DPSK, DQPSK, dan *Manchester* pada sistem *Mode Division Multiplexing-Inter Satellite Optical Wireless Communication* (MDM-ISOWC) dengan *bitrate* 10, 20, dan 40 Gbps dan jarak 750 km sampai 3750 km. Hasil penelitiannya pada *bitrate* 10 Gbps menunjukkan, pada modulasi *manchester* *Q*-Factor mencapai 9,2 dan BER-nya 10^{-20} , modulasi DPSK menunjukkan hasil *Q*-Factor mencapai 29,61 dan BER-nya 10^{-212} , modulasi DQPSK menunjukkan hasil *Q*-Factor mencapai 32,01 dan BER-nya 10^{-318} dan jaraknya mencapai 1000 km. Pada *bitrate* 20 Gbps hasilnya menunjukkan pada modulasi *Manchester* *Q*-Factor mencapai 6,45 dan BER-nya 10^{-11} , Modulasi DPSK menunjukkan hasil *Q*-Factor mencapai 12,9 dan BER-nya 10^{-38} , modulasi DQPSK menunjukkan hasil *Q*-Factor mencapai 22,05 dan BER-nya 10^{-108} , jaraknya mencapai 1200 km. Pada *bitrate* 40 Gbps hasilnya menunjukkan pada modulasi *manchester* *Q*-Factor mencapai 3,56 dan BER-nya 10^{-4} , pada modulasi DPSK menunjukkan hasil *Q*-Factor mencapai 8,4 dan BER-nya 10^{-17} , pada modulasi DQPSK menunjukkan hasil *Q*-Factor mencapai 10,37, BER-nya 10^{-25} dan jaraknya mencapai 2500 km. Maka dapat disimpulkan, bahwa sistem MDM-ISOWC



dengan teknik modulasi DQPSK dapat memberikan jarak transmisi yang lebih jauh (mencapai 2500 km) dibandingkan dua teknik modulasi lainnya [8].

2.2 Sistem Komunikasi Optik

Sistem komunikasi serat optik menggunakan sinyal-sinyal informasi dalam bentuk energi cahaya yang disalurkan melalui serat optik. Sinyal informasi yang dikirimkan tersebut dapat berupa sinyal audio, *video* ataupun data dalam bentuk sinyal elektrik dan kemudian diubah menjadi sinyal optik sebelum ditransmisikan melalui serat optik. Sistem komunikasi secara umum terdiri dari pengirim dan penerima. Sistem komunikasi serat optik secara umum terdiri dari serat optik, sumber optik dan *detector* optik.

2.2.1 Serat Optik

Serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik dengan diameter kurang lebih 120 mikrometer. Sumber cahaya yang digunakan biasanya *Laser* atau LED. Kecepatan transmisi pada serat optik sangat tinggi sehingga bagus untuk digunakan sebagai saluran komunikasi [9].

Prinsip kerja serat optik tergantung pada prinsip jumlah refleksi internal. Refleksi cahaya atau dibiaskan berdasarkan sudut yang menyerang permukaan. Prinsip ini berpusat pada cara kerja serat optik membatasi sudut yang mana gelombang cahaya dikirim dan memungkinkan untuk dikontrol secara efisien sampai ketujuan. Kabel serat optik biasanya diaplikasikan pada infrastruktur jaringan telekomunikasi [9].

Struktur serat optik diatas terdiri dari 3 lapisan, yaitu :

1. Core (inti serat optik)

Core terbuat dari bahan kuarsa dengan kualitas yang sangat tinggi, *core* merupakan bagian utama dari serat optik, karena *core* ini yang menjadi tempat perambatan cahaya yang sebenarnya. *Core* memiliki diameter 8 μ m - 50 μ m. Ukuran *core* ini sangat mempengaruhi karakteristik serat optik.

2. Cladding

Cladding merupakan tempat pembiasan cahaya yang memiliki indeks bias lebih kecil dengan *core* atau sebagai cermin, dan terbuat dari bahan gelas atau plastik, serta *cladding* merupakan selubung dari *core* yang akan mempengaruhi perambatan yaitu apakah dibiaskan atau dipantulkan.

3. Coating (Jaket)

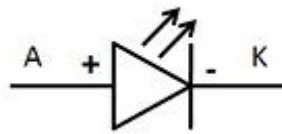
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik yang terbuat dari bahan plastik dan memiliki diameter 250 μm .

2.2.2 Sumber Optik

Sumber optik merupakan pembangkit cahaya pada sistem komunikasi serat optik. Terdapat dua jenis sumber cahaya yang digunakan untuk mengirim cahaya informasi melalui serat optik, yakni *Light Emitting Diode* (LED) dan *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER).

1. *Light Emitting Diode* (LED)

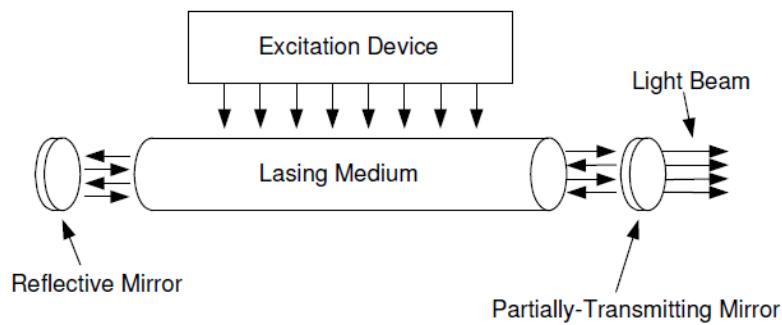


Gambar 2.1. Simbol LED

LED merupakan diode semikonduktor yang memancarkan cahaya karena mekanisme emisi spontan. LED mengubah besaran arus menjadi besaran intensitas cahaya. Cahaya yang dipancarkan LED bersifat tidak koheren yang akan menyebabkan dispersi kromatik sehingga LED hanya cocok untuk transmisi data dengan *bit rate* yang rendah sampai sedang. Daya keluaran LED adalah -33 s.d. -10 dBm. LED memiliki lebar spektral (*spectral width*) 30-50 nm pada panjang gelombang 850 nm dan 50-150 nm pada panjang gelombang 1300 nm [1].

2. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER)

Dioda laser merupakan diode semikonduktor yang memancarkan cahaya karena mekanisme pancaran/emisi terstimulasi (*stimulated emission*). Cahaya yang dipancarkan oleh laser bersifat koheren. Diode laser memiliki lebar spektral yang lebih sempit (s.d. 1 nm), sehingga dispersi kromatik bisa ditekan. Laser diterapkan untuk transmisi data dengan *bit rate* tinggi. Laser mempunyai daya keluaran optik -12 s.d. +3 dBm. Kinerja dari laser dilihat dari aspek keluaran daya optik, panjang gelombang, serta umur sistem yang sangat dipengaruhi oleh temperature operasi [1].



Gambar 2.2. Struktur Dasar Laser

2.2.2.3 Photodetector

Photodetector merupakan perangkat penerimaan sinyal cahaya pada sistem komunikasi serat optik. Perancangan dan pemilihan perangkat penerima sangat berpengaruh dalam analisis sensitivitas dari besarnya daya optik minimum yang dapat dideteksi oleh *photodetector*.

Pendeteksian cahaya ini berlangsung secara optimal, maka secara esensial sebagai besar photon cahaya yang masuk ke dalam peranti harus dikonversi menjadi besaran listrik. Masing-masing photon mungkin menyebabkan terjadinya emisi elektron sehingga menjadi elektron bebas. Elektron bebas ini dibangkitkan dengan cara memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, dan yang tertinggal dalam pita valensi adalah lubang yang lazim dinamakan dengan *hole* bebas. Proses terjadinya pasangan elektron *hole* ini disebut dengan *photogeneration*.

Persyaratan kinerja yang harus dipenuhi oleh *photodetector* meliputi: [15] :

1. Memiliki sensitivitas tinggi.
2. Memiliki kecepatan respon yang cukup untuk mengakomodasi *bit rate* data yang diterima.
3. Memberi noise tambahan yang minimum.
4. Tidak terlalu peka terhadap suhu.

Detektor untuk transmisi serat optik ada 2 macam yaitu dioda PIN dan *Avalanche Photo Diode* (APD). Berikut ini beberapa perbedaan antara dua jenis detektor cahaya [16] :

1. Untuk komunikasi jarak jauh digunakan detektor APD yang dapat bekerja pada panjang gelombang 1300 nm, 1500 nm serta 1550 nm dengan kualitas yang baik. Artinya detektor APD mempunyai sensitivitas dan respon yang tinggi terhadap LASER sebagai pembawa gelombang optik informasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

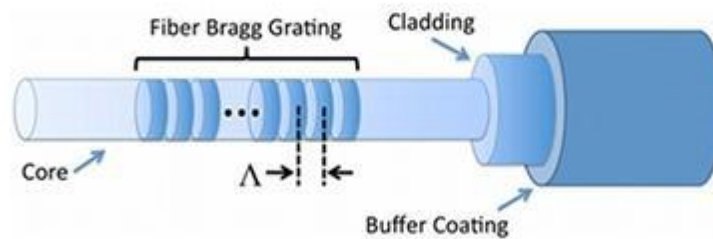
Untuk komunikasi jarak pendek lebih efisien jika menggunakan detektor PIN diode, karena PIN baik digunakan untuk *bit rate* rendah dan sensitivitasnya tinggi untuk sistem yang menggunakan LED sebagai sumber optiknya.

Detektor penerima PIN bereaksi baik pada *bit rate* rendah tetapi kurang sensitif ketika *bit ratenya* dinaikkan.

Detektor penerima APD lebih sensitif pada *bit rate* tinggi. Untuk transmisi jarak jauh diperlukan daya pancar yang lebih besar dan sensitifitas yang tinggi. Untuk sistem komunikasi serat optik jarak jauh, akan menggunakan LASER sebagai sumber cahaya dan APD sebagai detektor penerima. Sedangkan untuk transmisi jarak dekat cukup digunakan LED sebagai sumber optik dan PIN sebagai detektor penerima.

2.3 Fiber Bragg Grating (FBG)

FBG adalah perangkat optik yang mampu merefleksikan panjang gelombang tertentu bergantung periode *grating* dan perubahan indeks bias *grating* inti seratnya. Perubahan tersebut menyebabkan FBG dapat berfungsi sebagai refleksi dan transmisi, artinya merefleksikan cahaya pada panjang gelombang tertentu dan mentransmisikan panjang gelombang yang lain [10].



Gambar 2.3. Peletakan FBG pada Serat Optik

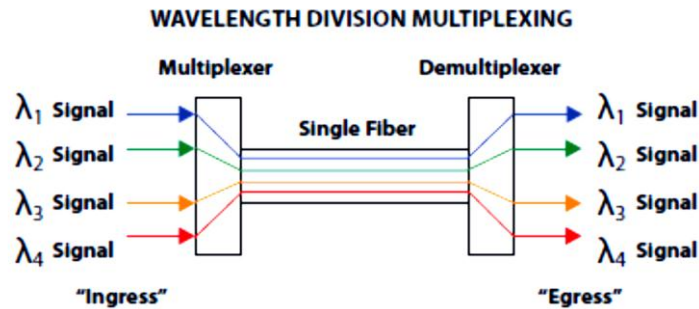
2.4 Wavelength Division Multiplexing (WDM)

Wavelength Division Multiplexing (WDM) merupakan teknik *multiplexing* yang digunakan untuk menggabungkan beberapa panjang gelombang yang berbeda sehingga dapat dikirimkan secara bersamaan melalui satu serat optik tunggal dalam komunikasi optik. WDM memiliki *spectrum* optik lebih baik karena memiliki jarak antara *channel*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

spacing nya lebih kecil, sehingga kapasitas pengiriman data menjadi lebih besar dan dapat mencapai 10 Gbps [11].

Teknologi WDM banyak digunakan pada jaringan *bandwidth* yang lebar, sehingga dapat diterapkan pada jaringan *metropolitan area network* (MAN) dimana diterapkan untuk menunjang transmisi data kecepatan tinggi [11]. Berikut gambar 2.4 merupakan prinsip dasar sistem WDM:



Gambar 2.4. Prinsip Dasar Sistem WDM

Dalam sistem WDM, ketika sinyal cahaya yang membawa *data rate* dari 10 Gbps yang digabungkan dengan 4 sinyal cahaya ke dalam satu serat optik yang sama, maka total *data rate* akan menjadi empat kali lipat yaitu 40 Gbps [11].

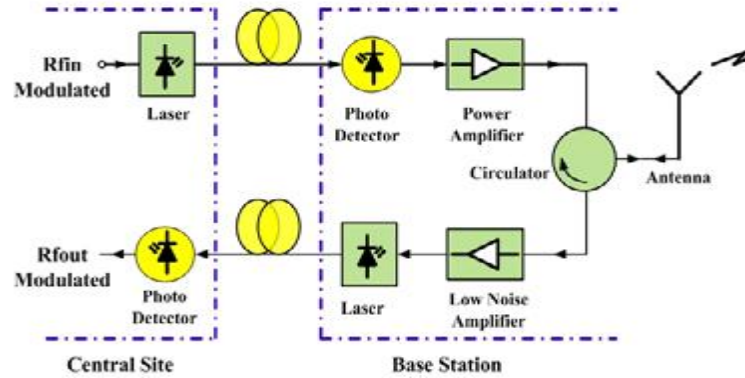
2.5 Radio Over Fiber (ROF)

Sistem *Radio Over Fiber* (ROF) merupakan salah satu sistem komunikasi *wireless* yang mempunyai *bandwidth* besar, karena sistem ROF dapat menyediakan *bandwidth* yang besar sehingga cukup untuk transmisi data *broadband* ke pengguna akhir, manfaat lainnya adalah hilangnya redaman yang rendah, dan kekebalan terhadap gangguan frekuensi radio. Kelebihan sistem komunikasi yang didasarkan pada teknologi RoF adalah ruang pengembangan yang luar biasa dalam 3G dan 4G [3] [12].

Sistem RoF secara keseluruhan digunakan untuk mengangkut sinyal gelombang mikro dan untuk menuai fungsi mobilitas di CS. Sentralisasi fungsi pemrosesan sinyal RF memiliki banyak keuntungan seperti mengizinkan berbagi perangkat, alokasi sumber daya yang dinamis, dan menyederhanakan operasi dan pemeliharaan sistem. Manfaat-manfaat ini dapat diterjemahkan ke dalam instalasi sistem utama dan penghematan operasional,

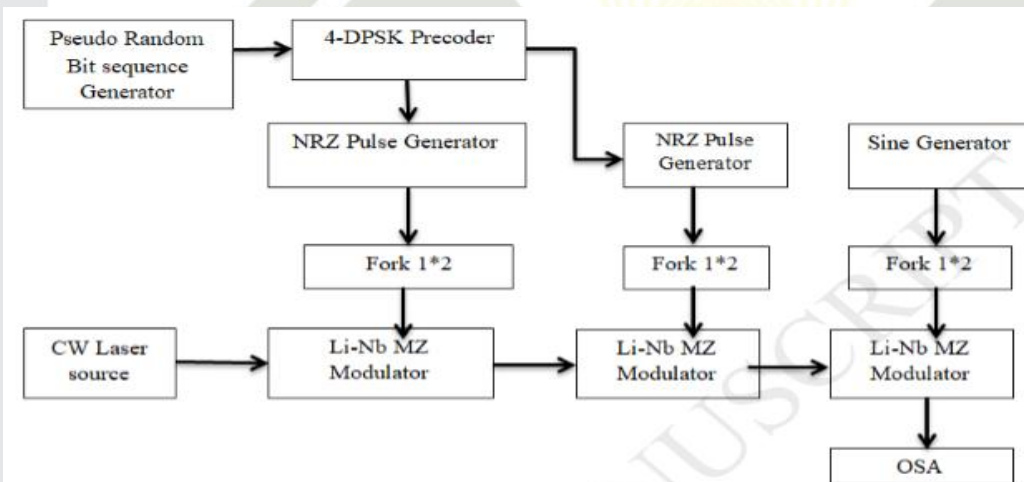
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

terutama dalam sistem komunikasi nirkabel *broadband* dengan cakupan luas, di mana kepadatan tinggi diperlukan [12].



Gambar 2.5. Struktur Sistem *Radio Over Fiber*

2.6 Diferensial Quadrature Fase Shift Keying (DQPSK)



Gambar 2.6. Diagram Blok DQPSK

DQPSK adalah teknik modulasi yang mengkodekan informasi dengan menggunakan perbedaan fasa antara dua simbol yang berdekatan. Sinyal tinggi 1 atau sinyal rendah 0 membagi fasa dengan *bit* yang ditransmisikan sebelumnya. Jika data dengan *bit* rendah yaitu 0 *bit*, data tidak akan diteruskan dan tidak ada perubahan fasa, ketika data tinggi yaitu 1 *bit* maka *bit* akan di kembalikan dan terjadi perubahan fasa. Kondisi yang tidak mengalami perubahan menyebabkan sinyal termodulasi tetap pada keadaan simbol 0 atau 1 seperti simbol sebelumnya.

Berikut ini akan dijelaskan fungsi dari komponen-komponen dalam merancang model sistem DQPSK menggunakan *software optisystem* 13. Adapun komponen-komponen dan fungsinya sebagai berikut :

1. *Pseudo Random Bit sequence* (PRBS)

PRBS merukan komponen yang membangkitkan sinyal informasi berupa sinyal digital.

2. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER)

LASER merupakan sumber optik yang mentransmisikan sinyal kedalam serat optik. Laser yang digunakan adalah CW Laser.

3. *Mach Zehnder Modulator* (MZM)

MZM merupakan keluaran sinyal berupa sinyal cahaya optik yang membawa frekuensi tertentu untuk ditransmisikan melalui serat optik.

4. *Connector*

Digunakan sebagai penghubung satu dengan item lain.

5. *Wavelength Division Multiplexer* (WDM)

WDM merupakan perangkat yang digunakan untuk menggabungkan informasi dalam beberapa panjang gelombang, dan menyalurkan dalam satu kanal optik.

6. *Radio Over Fiber* (ROF)

ROF merupakan salah satu system komunikasi *wireless* yang mempunyai bandwidth besar.

7. *Fiber Bragg Grating* (FBG)

FBG merupakan perangkat optic yang mampu merefleksikan panjang gelombang tertentu bergantung periode *grating* dan perubahan indeks bias *grating* inti seratnya.

8. *Photodetector* (PD)

Photodetector dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah *Photodetector* PIN

9. *BER Analyzer*

Digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dalam pengiriman sinyal.

2.7 *Optisystem*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Optisystem merupakan sebuah sistem *simulation tool* yang sangat inovatif dan dapat digunakan untuk mendesain atau melakukan pemodelan sistem, pengujian, dan optimasi jaringan optik secara virtual mulai dari jaringan video analog *broadcasting* sampai dengan jaringan *backbone*.

Optisystem merupakan program simulasi yang dapat berdiri sendiri dan tidak tergantung kepada program simulasi yang lain. *Optisystem* adalah sebuah simulator yang berbasis pada pemodelan system komunikasi optik yang bersifat nyata. *Optisystem* mempunyai kemudahan dalam penambahan komponen dan dilengkapi dengan *interface* ke program simulasi yang lain seperti Matlab.

Optisystem dilengkapi dengan *Graphical User Interface* (GUI) yang menyeluruh yang terdiri dari *project layout*, komponen *netlist*, model komponen dan tampilan grafik. *Library Optisystem* terdiri dari komponen aktif dan pasif yang tergantung kepada parameter *wavelength*. Parameter *sweep* memudahkan pengguna dalam meneliti pengaruh dari *device* tertentu terhadap performansi sistem.

Feature optisystem meliputi *layout editor*, *report page*, *scripting capabilities*, *MATLAB interface*, *Parameter Optimization*, *Export to OptiPerformer*, *Single Mode Fibers*, *Multimode Fibers*, *CATV*, *EDVA Co-simulation*, *Multimode Components*, *Doped Fibers*, *Waveguide Amplifiers*, *SOA Amplifiers*, *Raman Amplifiers*.

Optisystem memungkinkan untuk desain otomatis secara virtual untuk beberapa tipe saluran optik dalam *physical layer*, dan dapat menganalisis *spectrum* jaringan optik dari *long haul system* sampai kepada *Metropolitan Area Network* (MAN) dan *Local Area Network* (LAN). Aplikasi *optisystem* meliputi :

- *Optical communication system design from component to system level at the physical layer*
- *CATV or TDM/WDM network design*
- *Passive optical networks (PON) based FTTx*
- *Free space optic (FSO) systems*
- *Radio over fiber (ROF) systems*
- *SONET/SDH ring design*
- *Transmitter, channel, amplifier, and receiver design*
- *Dispersion map design*
- *Estimation of BER and system penalties with different receiver models*
- *Amplified system BER and link budget calculations.*

2.8 Bit Error Rate (BER)

Parameter performansi yang paling umum untuk jaringan digital adalah *Bit Error Rate* (BER). *Bit error rate* merupakan sejumlah *bit* digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya, kemudian dibagi dengan sejumlah *bit* yang diterima atau dikirim atau diproses selama beberapa periode yang telah ditetapkan. Biasa didefinisikan sebagai perbandingan jumlah kesalahan *bit* (N_E), dengan jumlah *bit* total (N_T) yang dikirim selama selang waktu tertentu. Dapat ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut: [13]

$$BER = \frac{N_E}{N_T} \quad (2.1)$$

Dimana :

N_E : Jumlah *bit* yang salah

N_T : Jumlah *bit* yang diterima

2.9 Power Link Budget

Power Budget mencakup perhitungan daya yang diterima oleh sistem pada sisi *transmitter* sampai *receiver*. Daya yang diterima adalah resultan sinyal dari degradasi level daya sinyal *input* yang disebabkan oleh redaman serta penguatan (*gain*) pemancar dan *gain* penerima. Adapun persamaan untuk menghitung *power budget* adalah sebagai berikut [12].

$$P_R = P_{in} - \text{Total loss} + \text{Total Gain} \quad (2.2)$$

Dimana:

P_{in} : Daya *Input*

Total *loss* : Jumlah *loss* semua komponen yang terdapat dalam sistem

Total *Gain* : Jumlah *Gain* yang terdapat dalam komponen system.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

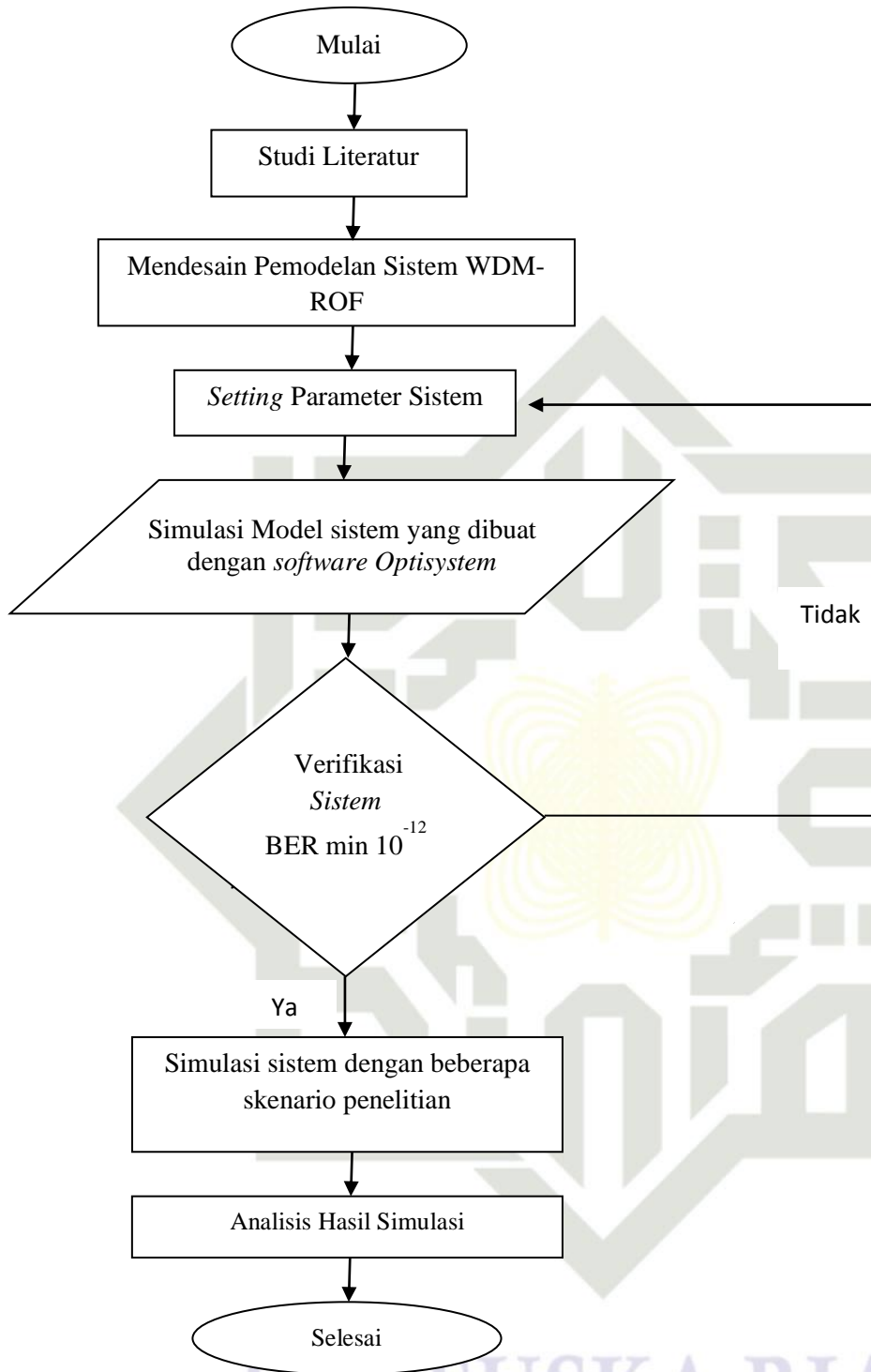
Pada bab ini akan dibahas tentang tahapan-tahapan yang akan dilakukan penulis dalam melakukan penelitian. Model sistem yang akan disimulasikan yaitu menggunakan WDM-ROF dengan modulasi DQPSK dengan parameter yang berbeda, yang akan disimulasikan menggunakan *software optisystem*. *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang mana memungkinkan *user* untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik modern. Di samping itu, *optisystem* juga dilengkapi dengan *virtual instrument*, sehingga penulis bisa melakukan penelitian tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan.

3.1 Flow Chart Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana tahapan yang akan dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian Tugas Akhir ini. Langkah awal penulis dalam memulai penelitian ini adalah studi *literature* dengan cara mencari jurnal-jurnal nasional dan internasional yang berkaitan dengan materi yang akan dikerjakan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Kemudian setelah didapatkan masalah yang akan dibahas, penulis melakukan perumusan masalah untuk menentukan judul dan tujuan penelitian. Berdasarkan judul dan tujuan yang ditetapkan, penulis mulai mendesain model sistem WDM-ROF dengan modulasi *Diferensial Quadrature Fase Shift Keying* (DQPSK) dan melakukan *setting* parameter yang akan digunakan dalam penelitian. Kemudian dilanjutkan simulasi system dengan beberapa skenario penelitian. Tahap akhir dari pada penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapatkan dari simulasi, sehingga penulis mampu menarik kesimpulan dalam mengerjakan penelitian ini. Berikut adalah *Flow Chart* penelitian yang akan dilakukan :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

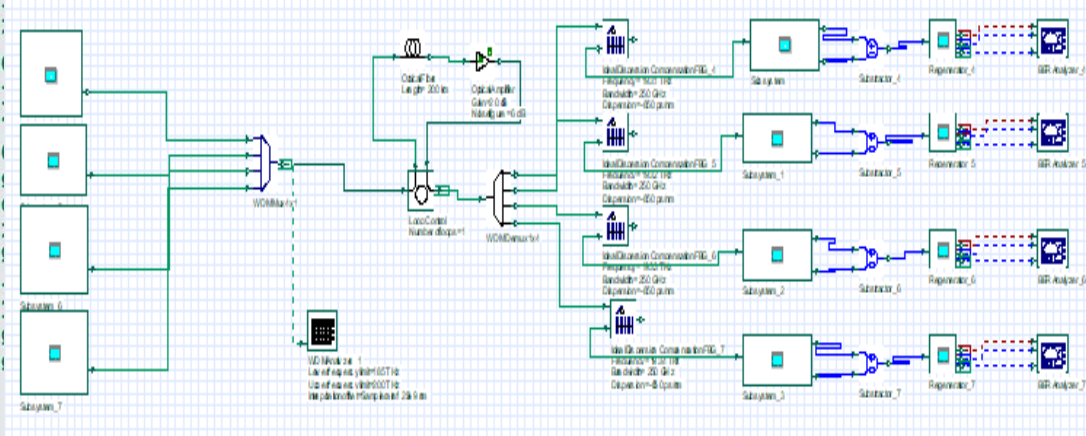
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



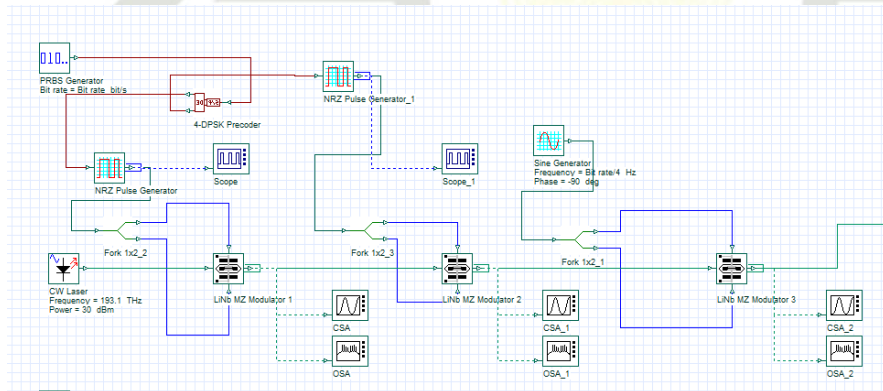
Gambar 3.1 Alur tahapan penelitian

3.2 Model Sistem WDM-ROF Dengan Menggunakan Modulasi DQPSK

Pada Penelitian ini akan dirancang model sistem WDM-ROF dengan teknik modulasi DQPSK untuk *Bit Rate* yang berbeda. Dibawah ini adalah gambar dari model jaringan WDM-ROF dengan teknik modulasi DQPSK.



Gambar 3.2 Model Sistem WDM-ROF menggunakan Modulasi DQPSK



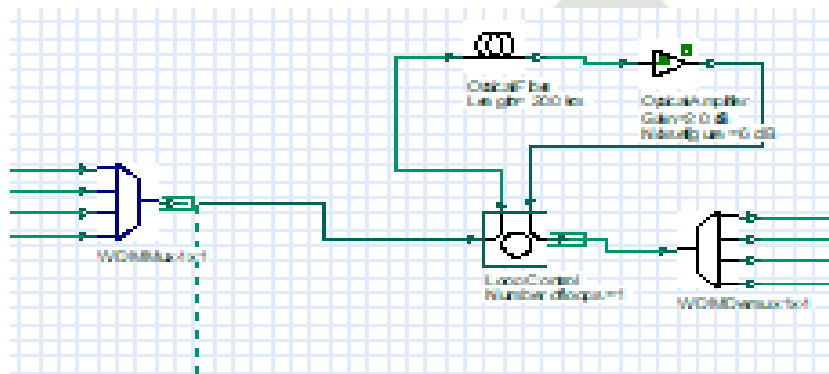
Gambar 3.3 Model sistem WDM-ROF menggunakan modulasi DQPSK pada sisi *Transmitter*

Pada gambar 3.2 di atas terlihat model sistem WDM-ROF menggunakan modulasi DQPSK secara umum. Kemudian pada gambar 3.3 merupakan model sistem WDM-ROF pada sisi *transmitter*, yang mana secara umum bagian sisi *Transmitter* digunakan sebagai perangkat yang menghubungkan sumber sinyal informasi dengan *multiplexer* yang akan dimultiplexkan agar dapat ditransmisikan melalui media transmisi. *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS) yang akan membangkitkan sinyal informasi *digital* dan diteruskan ke NRZ sinyal informasi yang telah dimodulasikan akan dicabangkan menggunakan *fork*. Setelah itu terdapat 3 modulator MZM, yang mana sinyal dari PRBS yang cabangkan dengan *fork* akan diteruskan ke modulator *Mach Zehnder Modulator* (MZM) pertama yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

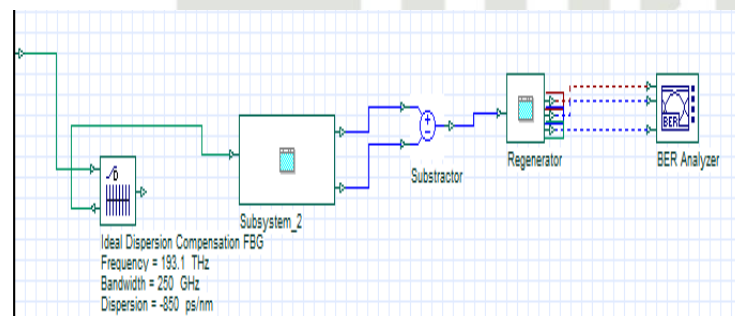
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

akan memodulasikan sinyal informasi elektrik keluaran dalam bentuk NRZ *Pulse Generator* kemudian diteruskan lagi dengan *modulator* MZM kedua, sinyal yang diterima di-*modulator* MZM kedua akan dikirim ke *sine generator* dan keluaran dalam bentuk RZ-DPSK. Jenis LASER yang digunakan adalah CW LASER. Sinyal optik keluaran dari modulator LiNb MZM akan dimultiplekskan menggunakan WDM (*Mux*) untuk dapat ditransmisikan melalui serat optik .



Gambar 3.4 Model sistem WDM-ROF menggunakan modulasi DQPSK pada sisi kanal

Media transmisi yang digunakan dalam model sistem ini adalah *Radio Over Fiber* (ROF), karena media ini dapat digunakan untuk transmisi data dengan *bitrate* yang tinggi, mempunyai performansi terbaik untuk komunikasi jarak jauh dan memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar.



Gambar 3.4 Model Sistem WDM-ROF menggunakan Modulasi DQPSK pada Sisi Receiver

Pada bagian *Receiver* merupakan perangkat yang menerima sinyal informasi dari bagian *transmitter*. Sinyal *digital* yang ditransmisikan oleh media optik akan di-*demultiplex*-kan oleh WDM (*mux*) dan difilter oleh FBG. *Photodetector* akan mendeteksi sinyal cahaya dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal keluaran *photodetector* akan

didemodulasi menggunakan *subtractor*. Proses didemodulasi untuk mendapatkan sinyal asli yang dikirimkan dan diteruskan ke *Regenerator* agar dapat dianalisa dengan perangkat *analyzer*. BER analyzer yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar *error* (kesalahan) yang dihasilkan dalam pengiriman sinyal.

3.3 Parameter Set Up

Pada *optisystem* terdapat parameter *Global* yang biasa digunakan dalam proses simulasi dan analisa, seperti yang terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Global Parameter Set Up* pada *Optisystem* pada *bitrate* 10 Gbps

Nama	Nilai	Satuan
<i>Bit Rate</i>	10×10^9	bps
<i>Time Window</i>	$0,128 \times 10^{-6}$	S
<i>Sample Rate</i>	$63,99 \times 10^9$	Hz
<i>Sequence Length</i>	128	bit
<i>Sample per Bit</i>	64	
<i>Number of Sample</i>	8192	
<i>Sincitivity</i>	-100	dBm

Pada parameter global, untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *number of samples* dimana perhitungannya sebagai berikut:

1. $Time\ window = Sequence\ length \times \frac{1}{Bit\ rate} = \frac{0,128 \times 1}{10 \times 10^9} = 0,0128 \times 10^{-6}\ s$
2. $Number\ of\ samples = Sequence\ length \times Samples\ per\ bit = 128 \times 64 = 8192\ sample$
3. $Sample\ rate = \frac{Number\ of\ samples}{Time\ window} = \frac{8192}{0,0128} \times 10^{-6} = 639,99 \times 10^9\ Hz$

Tabel 3.2 *Global Parameter Set Up* pada *Optisystem* pada *bitrate* 20 Gbps

Nama	Nilai	Satuan
<i>Bit Rate</i>	20×10^9	bps
<i>Time Window</i>	$0,128 \times 10^{-6}$	S
<i>Sample Rate</i>	$63,99 \times 10^9$	Hz
<i>Sequence Length</i>	128	bit
<i>Sample per Bit</i>	64	

Pada parameter global, untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *number of samples* dan perhitungannya sebagai berikut:

- ### el 3.3 Global Parameter Set Up pada Optisystem pada bitrate 40 Gbps

Pada parameter global, untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *number of samples* dimana perhitungannya sebagai berikut:

- Di samping *Global* Parameter, setiap komponen yang terdapat pada model sistem ini harus diset parameternya. Parameter yang akan diset selanjutnya adalah parameter seperti tabel di bawah ini :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.4 Parameter PRBS

Parameter	Nilai			Satuan
Bit Rate	10	20	40	Gpbs

Pada *setting* parameter menggunakan *Bit Rate* 10 Gpbs dan 20 Gpbs yang nantinya akan dilihat performa model sistem dengan kecepatan yang berbeda.

Selanjutnya parameter yang akan diset adalah CW LASER seperti tabel di bawah ini

Tabel 3.5 Parameter CW LASER

Nama	Nilai	Satuan
Frequency	193,1	THz
Daya Input	0 – 20	dBm

Pada parameter WDM MUX frekuensi yang digunakan sesuai standar [14], dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.6 Pada WDM MUX

Nama	Nilai	Satuan
Number of input ports	4	
Frequency	193,1	THz
Frequency spacing	100	GHz
Bandwidth	10	GHz

Pada parameter ROF *channel* dengan menggunakan jarak transmisi sejauh 10 km sampai dengan 200 km. Pengaturan parameter pada ROF *channel* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.7 Parameter ROF *channel*

Nama	Nilai	Satuan
<i>Frequency</i>	1550	Nm
<i>Range</i>	10 – 200	Km

Pada tabel 3.5 di atas pada ROF *channel* menggunakan frekuensi 1550 nm atau setara dengan 193,1 Hz dengan jarak 10 km sampai dengan 200 km

Selanjutnya filter yang digunakan dalam simulasi adalah FBG dengan konfigurasi pada tabel di bawah ini :

Table 3.8 Parameter FBG

Nama	Nilai	Satuan
<i>Frequency</i>	193,1	THz
<i>Dispersion</i>	850	ps/nm
<i>Bandwidth</i>	250	GHz

Pada parameter *Photodetector* menggunakan model APD, dengan konfigurasi sebagai berikut :

Tabel 3.9 Parameter *Photodetector* APD

Nama	Nilai	Satuan
<i>Reponsitivity</i>	0,7	A/W
<i>Dark Current</i>	10	nA

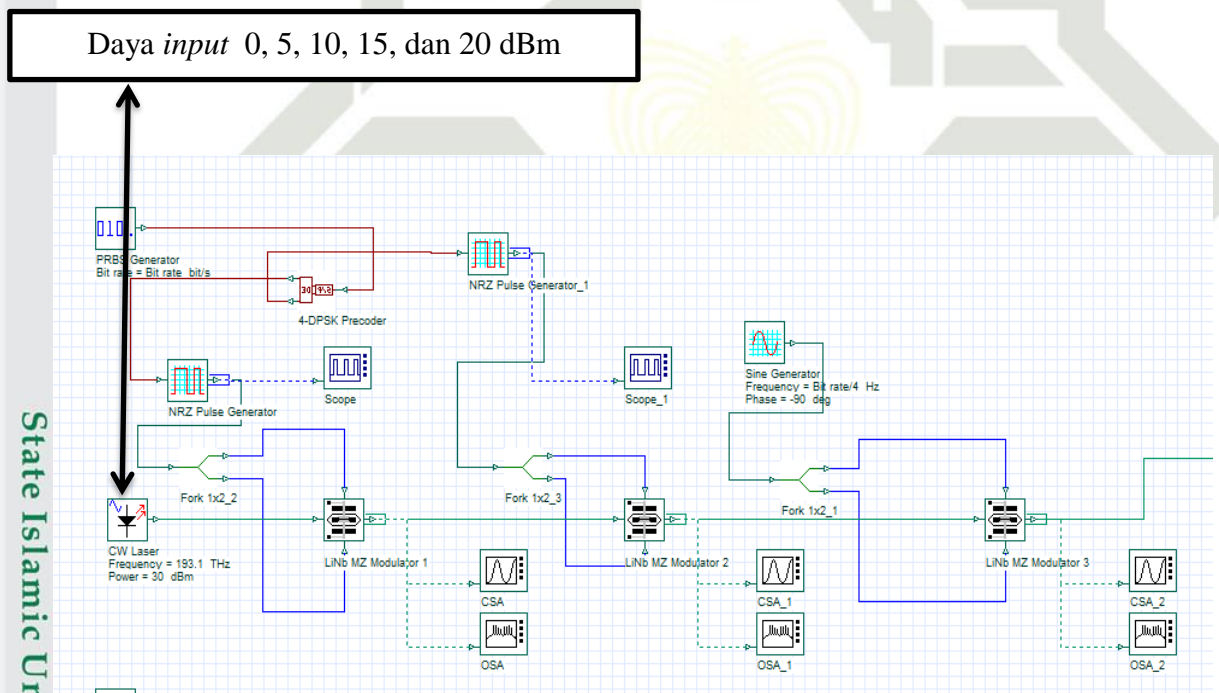
Setelah proses *setting* parameter selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses simulasi model sistem.

3.4 Skenario Penelitian

Setelah sistem bekerja baik sesuai dengan standar keberhasilan, maka selanjutnya akan dilakukan simulasi sistem dengan beberapa skenario penelitian, yaitu dengan iterasi daya *input* 0 dBm sampai dengan 20 dBm pada *Bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps. Dan selanjutnya penentuan jarak transmisi maksimum yaitu iterasi jarak 10 km sampai 200 km pada *Bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps.

3.4.1 Iterasi Sistem Pada Daya Input

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan daya *input* yang dapat dikirim dari sisi *transmitter* untuk ROF *channel* pada modulasi DQPSK. Berikut gambar penentuan daya *input* minimum.



Gambar 3.10 Iterasi Sistem pada Daya Input

Pada gambar 3.10 merupakan model sistem dan parameter yang digunakan untuk menentukan daya input menggunakan *bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps dengan daya input 0, 5, 10, 15 dan 20 dBm. Pada penelitian ini akan terdiri beberapa macam daya *input* dengan iterasi daya input 0, 5, 10, 15 dan 20 dBm. Standar pengukuran yang digunakan adalah standar [14] dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya maka terdapat kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penggunaan daya input per 5 dBm dapat meningkatkan jarak transmisi lebih kurang 10 km sampai dengan 20 km. Penggunaan *bitrate* 10 Gbps pada daya 0 dBm jarak transmisi yang ditempuh 120 km, sedangkan pada *bitrate* 20 Gbps jarak transmisi yang ditempuh 60 km, penggunaan *bitrate* 10 Gbps pada daya *input* 20 dBm jarak transmisi yang ditempuh 190 km sedangkan pada *bitrate* 20 Gbps jarak transmisi mencapai 120 km sehingga penggunaan daya *input* dapat mempengaruhi jarak transmisi. Berdasarkan perhitungan *Link Power Budget*, konsumsi daya sistem WDM-ROF menggunakan modulasi DQPSK adalah 214,382 dB untuk jarak 50 km, dan 131,807 dB untuk jarak 190 km.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan performansi sistem WDM-ROF dengan menggunakan modulasi DQPSK, pada penelitian selanjutnya dianjurkan agar bisa melakukan *improvmen* terhadap model sistem ini untuk bisa memberikan hasil yang baik pada 40 Gbps sehingga jarak transmisi menjadi lebih jauh dan bisa digunakan untuk komunikasi *Long haul*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susanti, Rika. "Dasar Sistem Komunikasi Optik". Edisi Pertama: Riau. 2013.
- [2] F. Misar, "WDM Reference Guide", 2008.
- [3] Zhang, Lijia, dkk. "OFDM Modulation WDM-ROF System Based on PCF-Supercontinuum". 2010.
- [4] Capmany, J, dkk. "Multiwavelength Single Sideband Modulation for WDM Radio-Over-Fiber Systems Using a Fiber Grating Array Tandem Device". 2005.
- [5] Ananta, Aditya, dkk. "Simulasi Perbandingan Kinerja Modulasi M-PSK dan M-QAM Terhadap Laju Kesalahan Data Pada Sistem Orthogonal Division Multiplexing (OFDM)". Universitas Diponegoro : Semarang. 2010.
- [6] Ahmed, Badia Ait, dkk. "Transmission Performance Analysis of WDM Radio over Fiber Technology for Next Generation Long-Haul Optical Network". 2019.
- [7] Mahmood, Hussein Ahmed. dkk. "Fiber Bragg Grating and Channel Spacing Effect in WDM Radio over Fiber System Using DPSK Modulation Format". 2018.
- [8] Gill, Harpreet Kaur, dkk. "Performance Analysis of Mode Division Multiplexing IS-OWC System using Manchester, DPSK and DQPSK Modulation Techniques". 7 september 2018.
- [9] Susanti, Rika. "Modul Praktikum Fiber Optik UIN SUSKA RIAU". 2015
- [10] Widasari, Edita Rosana, dkk. "Analisis Penerapan OADM Menggunakan FBG Pada Teknik DWDM". 2013.
- [11] Pratama, Tio Riky. "Analisis Performansi Teknik Modulasi M-ARY PSK Pada SCM/WDM Radio Over Fiber Menggunakan Arrayed Waveguide Gratings-Fiber Bragg Gratings (AWG-FBG)". Skripsi, Pekanbaru: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA RIAU. 2017.
- [12] Yousif, Raghad Z, dkk. "Investigating the Performance of Wavelength Division Multiplexing based ROF Optical Network with Dispersion Compensation Fiber". 2017.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- [13] Alfansyah, Rozi. “*Analisa dan Optimasi Jaringan Fiber To The Building jalur STO Arengka – Puskom UIN SUSKA RIAU*”. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 2014.
 - [14] ITU-T. *Recommendation G.698.1. “Multichannel DWDM applications with single-channel optical interfaces”*. 2009.
 - [15] Huong, Quang Dai, “Analisis Performansi Teknik Modulasi M-ary PSK pada SCM/WDM Radio over Fiber dengan Arsitektur PON”. Skripsi, Pekanbaru: Teknik Elektro UIN Suska Riau, 2016.
 - [16] Muchrizam, “*Analisis Performansi Semiconductor Optical Amplifier pada Jaringan Sub Carrier Multiplexing/Wavelength Division Multiplexing Radio Over Fiber*”, Skripsi, Pekanbaru: Teknik Elektro UIN Suska Riau, 2012.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Angga Kurniawan, lahir di Sidokukuh, 07 Mei 1996 adalah anak ke dua dari pasangan Wernoto dan Tuti Juniarti yang beralamat di Jln.Negeri Lama, Desa Kampung Padang, kec.Pangkalan, Kab.Labuhanbatu. Prov.Sumatera Utara.

email : angga3439@gmail.com

HP : 082304571171

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SDN 117839 Sidokukuh

2002–2008 dan dilanjutkan di SMPN 1 Bilah Hulu 2008–2011. Pendidikan dilanjutkan di SMA N 1 Bilah Hulu jurusan IPA tahun 2011 – 2014. Kemudian kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau pada konsentrasi Telekomunikasi dan lulus tahun 2020 dengan penelitian Tugas Akhir berjudul “Kinerja BER Terhadap Jarak Transmisi Dengan Menggunakan Teknik Modulasi DQPSK Pada Sistem WDM-ROF”.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.